

DIN ISO 76



ICS 21.100.20

Entwurf

Einsprüche bis 2018-09-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 76:2009-01

**Wälzlager –
Statische Tragzahlen (ISO 76:2006 + Amd.1:2017);
Text Deutsch und Englisch**

Rolling bearings –
Static load ratings (ISO 76:2006 + Amd.1:2017);
Text in German and English

Roulements –
Charges statiques de base (ISO 76:2006 + Amd.1:2017);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-07-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nawgl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wälz- und Gleitlager (NAWGL), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 56 Seiten

DIN-Normenausschuss Wälz- und Gleitlager (NAWGL)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	4
Vorwort	5
[A₁] Vorwort der Änderung 1	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole	10
5 Radialkugellager	11
5.1 Statische radiale Tragzahl	11
5.2 Statische äquivalente radiale Belastung	14
6 Axialkugellager	15
6.1 Statische axiale Tragzahl	15
6.2 Statische äquivalente axiale Belastung	15
7 Radialrollenlager	16
7.1 Statische radiale Tragzahl	16
7.2 Statische äquivalente radiale Belastung	16
8 Axialrollenlager	17
8.1 Statische axiale Tragzahl	17
8.2 Statische äquivalente axiale Belastung	18
9 Statische Tragsicherheit	18
9.1 Allgemeines	18
9.2 Kugellager	19
9.3 Rollenlager	19
Anhang A (informativ) Unstetigkeit bei der Berechnung der statischen Tragzahlen	20
A.1 Allgemeines	20
A.2 Symbole	20
A.3 Verschiedene Faktoren für die Berechnung der statischen Tragzahl für Radial- und Axial-Schräggkugellager	20
A.4 Vergleich der modifizierten statischen axialen Tragzahlen C_{0ar} und C_{0aa} für Radial- und Axial-Schräggkugellager	21
A.5 Beispiele	22
Anhang B (informativ) Berechnung der Hertzschen Parameter für die Punktberührung	24
Anhang C (informativ) Graphische Darstellung von f_0 und Y_0	25

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 76:2006 sowie der Änderung ISO 76:2006/Amd.1:2017, die vom Technischen Komitee ISO/TC 4/SC 8 „Load ratings and life“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Arbeitsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 118-01-08 AA „Tragzahlen und Lebensdauer“ im DIN-Normenausschuss Wälz- und Gleitlager (NAWGL).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Dieses Dokument enthält die Änderung 1, angenommen von ISO im Oktober 2017. Der Beginn und das Ende von neuem oder geändertem Text werden durch die Markierungen A1 A1 angezeigt.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 5593 siehe DIN ISO 5593

ISO/TR 10657:1991 siehe DIN ISO 76 Beiblatt 1:1994-09

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 76:2009-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einführung folgender Symbole in Abschnitt 4: $E(\kappa)$, $K(\kappa)$, $\Sigma\rho_e\Sigma\rho_i$, $F(\rho)$, γ , κ ;
- b) Überarbeitung des Abschnittes 5.1.1 und Einführung der Formeln (2), (3) und (4);
- c) Überarbeitung des Abschnittes 6.1 und Einführung der Formeln (8) und (9);
- d) Überarbeitung des Abschnittes A.5.2;
- e) Überarbeitung des Abschnittes A.5.3;
- f) Einführung des Anhangs B;
- g) Einführung des Anhangs C.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 5593, *Wälzlager — Begriffe und Definitionen*

DIN ISO 76 Beiblatt 1:1994-09, *Wälzlager — Statische Tragzahlen — Erklärungen zu ISO 76; Identisch mit ISO/TR 10657:1991*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet.

Die Hauptaufgabe der Technischen Komitees besteht in dem Erarbeiten von Internationalen Normen. Die von den Technischen Komitees angenommenen Norm-Entwürfe werden den Mitgliedsorganisationen zur Umfrage zur Verfügung gestellt. Für eine Veröffentlichung als Internationale Norm wird eine Zustimmung von mindestens 75 % der Mitgliedsländer, die abgestimmt haben, benötigt.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

ISO 76 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 4, *Rolling bearings*, Unterkomitee SC 8, *Load ratings and life*, erarbeitet.

Diese dritte Fassung ersetzt die zweite Fassung von (ISO 76:1987), die technisch überarbeitet wurde. Sie enthält in Anhang A die Änderung ISO 76:1987/Amd1:1999.

A₁ Vorwort der Änderung 1

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 4, *Rolling bearings*, Unterkomitee SC 8, *Load ratings and life* erarbeitet. **A₁**

Einleitung

Unter mäßig hohen statischen Belastungen entstehen an Wälzkörpern und Laufbahnen von Wälzlagern bleibende Verformungen, die mit zunehmender Belastung allmählich zunehmen.

Ob diese im Lager entstehenden Verformungen in einem bestimmten Anwendungsfall zulässig sind, kann oft nicht durch Versuche unter den Bedingungen des Anwendungsfalls festgestellt werden. Deshalb sind andere Verfahren erforderlich, um die Eignung des gewählten Lagers nachzuweisen.

Die Erfahrung zeigt, dass eine bleibende Gesamtverformung entsprechend dem 0,000 1fachen des Wälzkörperdurchmessers im Mittelpunkt der am höchsten belasteten Berührstelle zwischen Wälzkörper und Laufbahn in den meisten Anwendungsfällen ohne Beeinträchtigung des Betriebsverhaltens des Lagers zugelassen werden kann. Die statische Tragzahl wird folglich so hoch angesetzt, dass diese Verformung ungefähr dann eintritt, wenn die statische äquivalente Belastung gleich der statischen Tragzahl ist.

Versuche in verschiedenen Ländern deuten darauf hin, dass eine Belastung in der fraglichen Höhe gleichgesetzt werden kann mit einer berechneten Beanspruchung der Berührstelle von

- 4 600 MPa¹ bei Pendelkugellagern,
- 4 200 MPa bei allen anderen Kugellagern und
- 4 000 MPa bei allen Rollenlagern

im Mittelpunkt der am höchsten belasteten Berührstelle zwischen Wälzkörper und Laufbahn. Die Gleichungen und Faktoren zur Berechnung der statischen Tragzahlen beruhen auf diesen Beanspruchungen an der Berührstelle.

Die zulässige statische äquivalente Belastung kann je nach den Anforderungen an Laufruhe und Reibungswiderstand und je nach der jeweiligen Geometrie der Berührflächen kleiner, gleich oder größer als die statische Tragzahl sein. Lageranwender, die in Hinsicht auf diese Bedingungen nicht über Erfahrungen verfügen, sollten den Lagerhersteller um Rat fragen.

1) 1 bar = 0,1 MPa = 10⁵ Pa; 1 MPa = 1 N/mm²

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Verfahren für die Berechnung der statischen Tragzahl und der statischen äquivalenten Belastung für Wälzlager in den Größenbereichen fest, die in den entsprechenden ISO-Normen angegeben werden, für Lager, die aus heute allgemein verwendetem, hochwertigem, gehärtetem Wälzlagerstahl nach bewährten Herstellverfahren gefertigt sind und deren Wälzflächenformen im Wesentlichen der herkömmlichen Ausführung entsprechen.

Berechnungen nach dieser Internationalen Norm ergeben keine befriedigenden Ergebnisse, wenn Lager Betriebsbedingungen unterworfen sind und/oder eine innere Konstruktion aufweisen, die zu einer beträchtlichen Beschneidung der Kontaktflächen zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen führen. Die gleiche Einschränkung gilt, wenn die Anwendungsbedingungen Abweichungen von der üblichen Beanspruchungsverteilung im Lager hervorrufen, z. B. Fluchtungsfehler, Vorspannung oder sehr großes Lagerspiel, oder wenn eine besondere Oberflächenbehandlung oder Beschichtungen angewendet werden. Wenn angenommen werden muss, dass solche Bedingungen vorliegen, sollte der Anwender den Lagerhersteller um Empfehlungen und um die Berechnung der statischen äquivalenten Belastung bitten.

Diese Internationale Norm ist nicht auf Konstruktionen anzuwenden, in denen die Wälzkörper direkt auf der Welle oder im Gehäuse laufen, es sei denn, die Lauffläche ist in jeder Beziehung der Lauffläche des Lagerringes oder der Lagerscheibe gleichwertig, die sie ersetzt.

Soweit sich diese Internationale Norm auf zweireihige Radiallager und zweiseitig wirkende Axiallager bezieht, wird vorausgesetzt, dass diese symmetrisch sind.

Weiterhin sind Richtwerte für statische Tragsicherheiten angegeben, die bei Anwendungsfällen mit hoher Beanspruchung anzuwenden sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 5593, *Rolling bearings — Vocabulary*

ISO 15241, *Rolling bearings — Symbols for quantities*

ISO/TR 10657:1991, *Explanatory notes on ISO 76*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5593 und die folgenden Begriffe.

3.1
statische Belastung
die auf ein Lager wirkende Belastung in dem Falle, dass die Drehgeschwindigkeit der Lagerringe oder Lagerscheiben im Verhältnis zueinander Null ist

3.2

statische radiale Tragzahl

radiale Belastung, die einer errechneten Beanspruchung an der Berührstelle im Mittelpunkt der am höchsten belasteten Berührstelle zwischen Wälzkörper und Laufbahn von

- 4 600 MPa bei Pendelkugellagern,
- 4 200 MPa bei allen anderen Radialkugellagerarten,
- 4 000 MPa bei allen Radialrollenlagern

entspricht

ANMERKUNG 1 Im Falle eines einreihigen Schräglagers bezieht sich die radiale Tragzahl auf die radiale Komponente derjenigen Belastung, die eine rein radiale Verschiebung der Lagerringe gegeneinander verursacht.

ANMERKUNG 2 Bei diesen Beanspruchungen an den Berührstellen unter statischer Belastung tritt eine bleibende Gesamtverformung von Wälzkörper und Laufbahn auf, die etwa dem 0,000 1-fachen des Wälzkörperdurchmessers entspricht.

3.3

statische axiale Tragzahl

statische zentrische axiale Belastung, die einer errechneten Beanspruchung an der Berührstelle im Mittelpunkt der am höchsten belasteten Berührstelle zwischen Wälzkörper und Laufbahn von

- 4 200 MPa bei Axialkugellagern,
- 4 000 MPa bei allen Axialrollenlagern

entspricht

ANMERKUNG Bei diesen Beanspruchungen an den Berührstellen unter statischer Belastung tritt eine bleibende Gesamtverformung von Wälzkörper und Laufbahn auf, die etwa dem 0,000 1-fachen des Wälzkörperdurchmessers entspricht.

3.4

statische äquivalente radiale Belastung

statische radiale Belastung, die die gleiche Beanspruchung an der Berührstelle im Mittelpunkt der am höchsten belasteten Berührstelle zwischen Wälzkörper und Laufbahn verursacht wie die, die sich unter den tatsächlichen Belastungsbedingungen ergibt

3.5

statische äquivalente axiale Belastung

statische zentrische axiale Belastung, die die gleiche Beanspruchung an der Berührstelle im Mittelpunkt der am höchsten belasteten Berührstelle zwischen Wälzkörper und Laufbahn verursacht wie die, die sich unter den tatsächlichen Belastungsbedingungen ergibt

3.6

statische Tragsicherheit

Verhältnis zwischen der statischen Tragzahl und der statischen äquivalenten Belastung, die eine Sicherheitsspanne gegen eine unzulässige bleibende Verformung von Wälzkörpern und Laufbahnen ergibt

3.7

Rollendurchmesser

<für die Tragzahlberechnung> theoretischer Durchmesser in einer radialen Ebene durch die Mitte der Rollenlänge für eine symmetrische Rolle

ANMERKUNG 1 Für eine Kegelrolle entspricht dieser Durchmesser dem Mittelwert der Durchmesser an den theoretischen scharfen Kanten am großen und kleinen Durchmesser der Rolle.

ANMERKUNG 2 Für eine asymmetrische konvexe Rolle entspricht dieser Durchmesser näherungsweise dem Durchmesser am Berührungspunkt zwischen der Rolle und der bordfreien Laufbahn bei der Belastung Null.

3.8

effektive Rollenlänge

<für die Tragzahlberechnung> theoretische maximale Länge der Berührungslinie zwischen einer Rolle und derjenigen Laufbahn, in der die Berührungslinie am kürzesten ist

ANMERKUNG Dies ist üblicherweise entweder der Abstand zwischen den theoretisch scharfen Kanten der Rolle abzüglich der Kantenabstände oder die Laufbahnbreite abzüglich der Schleiffreistiege; es gilt der jeweils kleinere Wert.

3.9

Nenn-Berührungswinkel

Winkel zwischen einer zur Lagerachse senkrechten Ebene (einer radialen Ebene) und der Nenn-Wirkungslinie der resultierenden Kräfte, die vom Lagerring oder von der Lagerscheibe auf den Wälzkörper übertragen werden

ANMERKUNG Bei Lagern mit asymmetrischen Rollen wird der Nenn-Berührungswinkel durch die Berührung mit der bordfreien Laufbahn bestimmt.

3.10

Teilkreisdurchmesser eines Kugelsatzes

Durchmesser des Kreises, der die Kugelmittelpunkte einer Kugelreihe in einem Lager enthält

3.11

Teilkreisdurchmesser eines Rollensatzes

Durchmesser des Kreises, der die Rollennachsen in der Mitte der Rollen einer Rollenreihe in einem Lager schneidet

4 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole nach ISO 15241 und die folgenden Symbole.

C_{0a}	statische axiale Tragzahl, in Newton
C_{0r}	statische radiale Tragzahl, in Newton
D_{pw}	Teilkreisdurchmesser eines Kugelsatzes oder eines Rollensatzes, in Millimeter
D_w	Kugel-Nenn Durchmesser, in Millimeter
D_{we}	in die Tragzahlberechnung einzusetzender Rollendurchmesser, in Millimeter
$E(\kappa)$	vollständiges elliptisches Integral der 2. Art
F_a	axiale Lagerbelastung (axiale Komponente der tatsächlichen Lagerbelastung), in Newton
F_r	radiale Lagerbelastung (radiale Komponente der tatsächlichen Lagerbelastung), in Newton

$\langle A_1 \rangle F(\rho)$	Krümmungsdifferenz bei Punktberührung $\langle A_1 \rangle$
f_0	Faktor zur Berechnung der statischen Tragzahl
i	Anzahl der Wälzkörperreihen im Lager
$\langle A_1 \rangle K(\kappa)$	vollständiges elliptisches Integral der 1. Art $\langle A_1 \rangle$
L_{we}	in die Tragzahlberechnung einzusetzende effektive Rollenlänge, in Millimeter
P_{0a}	statische äquivalente axiale Belastung, in Newton
P_{0r}	statische äquivalente radiale Belastung, in Newton
S_0	statischer Sicherheitsfaktor
X_0	statischer Radiallastfaktor
Y_0	statischer Axiallastfaktor
Z	Anzahl der Wälzkörper in einem einreihigen Lager bzw. Anzahl der Wälzkörper je Wälzkörperreihe in einem mehrreihigen Lager mit der gleichen Anzahl von Wälzkörpern je Reihe
α	Nenn-Berührungswinkel, in Grad
$\langle A_1 \rangle \gamma$	Hilfswert, $\gamma = D_w \cos \alpha / D_{pw}$
κ	Verhältnis der beiden Halbachsen der Hertzschen Druckellipse
$\Sigma \rho_e$	Krümmungssumme am Berührungspunkt mit dem Außenring
$\Sigma \rho_i$	Krümmungssumme am Berührungspunkt mit dem Innenring $\langle A_1 \rangle$

5 Radialkugellager

5.1 Statische radiale Tragzahl

$\langle A_1 \rangle$

5.1.1 Statische radiale Tragzahl für einzelne Lager

Die statische radiale Tragzahl für Radialkugellager ergibt sich durch die Gleichung (1):

$$C_{0r} = f_0 i Z D_w^2 \cos \alpha \quad (1)$$

dabei gilt, außer für Radial-Pendelkugellager

$$f_0 = \min\{f_{0,i}, f_{0,e}\}$$

mit

$$f_{0,i} = 2,399\ 05 \cdot \kappa_i \cdot \left[\frac{E(\kappa_i)}{2 + \frac{\gamma}{1-\gamma} - \frac{D_w}{2 \cdot r_i}} \right]^2 \quad (2)$$

$$f_{0,e} = 2,399\ 05 \cdot \kappa_e \cdot \left[\frac{E(\kappa_e)}{2 - \frac{\gamma}{1+\gamma} - \frac{D_w}{2 \cdot r_e}} \right]^2 \quad (3)$$

Dabei ist

i der Index für den Innenring;

e der Index für den Außenring.

Die Berechnung der Hertzschen Parameter, κ und $E(\kappa)$, wird in Anhang B beschrieben.

Für Radial-Pendelkugellager wird der Faktor, f_0 , durch Gleichung (4) bestimmt:

$$f_0 = 3,151\ 84 \cdot \left[\frac{\pi}{4} \cdot (1 + \gamma) \right]^2 \quad (4)$$

Die in Tabelle 1 angegebenen Richtwerte gelten für Lager mit einem im Lagerquerschnitt gemessenen Laufbahnrillenradius, der nicht größer ist als $0,52 D_w$ für die Innenringe von Radialkugellagern und Schrägkugellagern und nicht größer ist als $0,53 D_w$ für die Außenringe von Radialkugellagern und Schrägkugellagern sowie die Innenringe von Pendelkugellagern. Die Tragfähigkeit eines Lagers erhöht sich nicht notwendigerweise durch die Einführung engerer Laufbahnrillenradien, verringert sich aber in jedem Falle, wenn größere Radien vorgesehen werden als zuvor angegeben. Trifft Letzteres zu, muss der Wert f_0 durch die hier angegebenen Gleichungen berechnet werden.

In Anhang C wird eine graphische Darstellung des Werts f_0 in Abhängigkeit der Innengeometrie des Lagers dargestellt. Die Ergebnisse der hier angegebenen Gleichungen sind Tabelle 1 und Anhang C vorzuziehen. [A1](#)

5.1.2 Statische radiale Tragzahl für Lagerkombinationen

5.1.2.1 Zwei einreihige Radialkugellager, die als Einheit wirken

Die statische radiale Tragzahl für zwei gleichartige einreihige Radialkugellager, die nebeneinander auf derselben Welle so angeordnet sind, dass sie als Einheit wirken (Doppel-Anordnung), ist gleich dem Zweifachen der statischen radialen Tragzahl eines einreihigen Lagers.

5.1.2.2 X- und O-Anordnung von einreihigen Schrägkugellagern

Die statische radiale Tragzahl für zwei gleichartige einreihige Schrägkugellager, die nebeneinander auf derselben Welle so angeordnet sind, dass sie als Einheit in X- oder O-Anordnung wirken (Doppel-Anordnung), ist gleich dem Zweifachen der statischen radialen Tragzahl eines einreihigen Lagers.

5.1.2.3 Tandem-Anordnung

Die statische radiale Tragzahl für zwei oder mehr gleichartige einreihige Radialkugellager oder zwei oder mehr gleichartige einreihige Schrägkugellager, die nebeneinander auf derselben Welle so angeordnet sind, dass sie als eine Einheit in Tandem-Anordnung wirken (Doppel- oder Mehrfachlager), ergibt sich aus der Anzahl der Lager multipliziert mit der statischen radialen Tragzahl eines einreihigen Lagers. Die Lager müssen so hergestellt und montiert sein, dass eine gleichmäßige Lastverteilung sichergestellt ist.

Tabelle 1 — Werte für Faktor f_0 für Kugellager

$\frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}}$	Faktor f_0		
	Radialkugellager		Axialkugellager
	Radialkugellager und Schräggugellager	Pendelkugellager	
0,00	14,7	1,9	61,6
0,01	14,9	2	60,8
0,02	15,1	2	59,9
0,03	15,3	2,1	59,1
0,04	15,5	2,1	58,3
0,05	15,7	2,1	57,5
0,06	15,9	2,2	56,7
0,07	16,1	2,2	55,9
0,08	16,3	2,3	55,1
0,09	16,5	2,3	54,3
0,1	16,4	2,4	53,5
0,11	16,1	2,4	52,7
0,12	15,9	2,4	51,9
0,13	15,6	2,5	51,2
0,14	15,4	2,5	50,4
0,15	15,2	2,6	49,6
0,16	14,9	2,6	48,8
0,17	14,7	2,7	48
0,18	14,4	2,7	47,3
0,19	14,2	2,8	46,5
0,2	14	2,8	45,7
0,21	13,7	2,8	45
0,22	13,5	2,9	44,2
0,23	13,2	2,9	43,5
0,24	13	3	42,7
0,25	12,8	3	41,9
0,26	12,5	3,1	41,2
0,27	12,3	3,1	40,5
0,28	12,1	3,2	39,7
0,29	11,8	3,2	39
0,3	11,6	3,3	38,2
0,31	11,4	3,3	37,5
0,32	11,2	3,4	36,8
0,33	10,9	3,4	36
0,34	10,7	3,5	35,3
0,35	10,5	3,5	34,6
0,36	10,3	3,6	—
0,37	10	3,6	—
0,38	9,8	3,7	—
0,39	9,6	3,8	—
0,4	9,4	3,8	—

ANMERKUNG Diese Tabelle basiert auf der Gleichung der Hertz'schen Pressung mit einem Elastizitätsmodul von $2,07 \times 10^5$ MPa und einer Poisson-Zahl von 0,3. Es wird angenommen, dass die Lastverteilung für Radialkugellager eine maximale Belastung der Kugel von $\frac{5F_r}{Z \cos \alpha}$ und für Axialkugellager $\frac{F_a}{Z \sin \alpha}$ ergibt. Werte von f_0 für Zwischenwerte von $\frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}}$ können durch lineare Interpolation gewonnen werden.

5.2 Statische äquivalente radiale Belastung

5.2.1 Statische äquivalente radiale Belastung für einzelne Lager

Die statische äquivalente radiale Belastung für Radialkugellager ist der größere der beiden Werte aus den Gleichungen:

$$P_{0r} = X_0 \times F_r + Y_0 \times F_a \quad \boxed{A_1} \text{ (5) } \boxed{A_1}$$

$$P_{0r} = F_r \quad \boxed{A_1} \text{ (6) } \boxed{A_1}$$

Die Werte für die Faktoren X_0 und Y_0 sind in Tabelle 2 angegeben. Diese Faktoren gelten für Lager mit im Lagerquerschnitt gemessenen Laufbahnrillenradien nach 5.1.1. Für andere Laufbahnrillenradien kann die Berechnung von X_0 und Y_0 nach ISO/TR 10657:1991 durchgeführt werden.

Werte für Y_0 für Zwischenwerte des Berührungswinkels, die in Tabelle 2 nicht angegeben sind, werden durch lineare Interpolation ermittelt.

Tabelle 2 — Werte der Faktoren X_0 und Y_0 für Radialkugellager

Lagerart		Einreihige Lager		Zweireihige Lager	
		X_0	Y_0	X_0	Y_0
Radialkugellager ^a		0,6	0,5	0,6	0,5
Schräggugellager, $\alpha =$	5°	0,5	0,52	1	1,04
	10°	0,5	0,5	1	1
	15°	0,5	0,46	1	0,92
	20°	0,5	0,42	1	0,84
	25°	0,5	0,38	1	0,76
	30°	0,5	0,33	1	0,66
	35°	0,5	0,29	1	0,58
	40°	0,5	0,26	1	0,52
	45°	0,5	0,22	1	0,44
Pendelkugellager, $\alpha \neq 0^\circ$		0,5	$0,22 \cot \alpha$	1	$0,44 \cot \alpha$

^a Der zulässige Höchstwert von F_a/C_{0r} ist abhängig von der Lagerkonstruktion (Lagerluft und Tiefe der Laufrille).

5.2.2 Statische äquivalente radiale Belastung für Lagerkombinationen

5.2.2.1 X- und O-Anordnung von einreihigen Schräggugellagern

Bei der Berechnung der statischen äquivalenten radialen Belastung für zwei gleichartige Schräggugellager, die nebeneinander auf derselben Welle so angeordnet sind, dass sie als Einheit in X- oder O-Anordnung wirken (Doppel-Anordnung), sind die X_0 - und Y_0 -Werte für zweireihige Lager und die F_r - und F_a -Werte für die Gesamtbelastung der Lageranordnung einzusetzen.

5.2.2.2 Tandem-Anordnung

Bei der Berechnung der statischen äquivalenten radialen Belastung für zwei oder mehr gleichartige einreihige Radialkugellager oder zwei oder mehr gleichartige einreihige Schräggugellager, die nebeneinander auf derselben Welle so angeordnet sind, dass sie als Einheit in Tandem-Anordnung wirken (Doppel- oder Mehrfachlager), sind die X_0 - und Y_0 -Werte für einreihige Lager und die F_r - und F_a -Werte für die Gesamtbelastung der Lageranordnung einzusetzen.

6 Axialkugellager

A1

6.1 Statische axiale Tragzahl

Die statische axiale Tragzahl für einseitig oder zweiseitig wirkende Axialkugellager ergibt sich durch Gleichung (7):

$$C_{0a} = f_0 Z D_w^2 \sin \alpha \quad (7)$$

Dabei ist

$$f_0 = \min\{f_{0,i}, f_{0,e}\}$$

mit

$$f_{0,i} = 11,995 \cdot 2 \cdot \kappa_i \cdot \left[\frac{E(\kappa_i)}{2 + \frac{\gamma}{1 - \gamma} - \frac{D_w}{2 \cdot r_i}} \right]^2 \quad (8)$$

$$f_{0,e} = 11,995 \cdot 2 \cdot \kappa_e \cdot \left[\frac{E(\kappa_e)}{2 - \frac{\gamma}{1 + \gamma} - \frac{D_w}{2 \cdot r_e}} \right]^2 \quad (9)$$

Dabei ist

- i der Index für Innenring oder Wellenscheibe;
- e der Index für Außenring oder Gehäusescheibe.

Die in Tabelle 1 angegebenen Richtwerte gelten für Lager, deren im Lagerquerschnitt gemessener Laufbahnrillenradius nicht größer als $0,54 D_w$ ist. Die Tragfähigkeit eines Lagers erhöht sich nicht notwendigerweise durch die Einführung engerer Laufbahnrillenradien als $0,54 D_w$, verringert sich aber, wenn größere Radien vorgesehen werden. Trifft Letzteres zu, muss der Wert f_0 durch die hier angegebenen Gleichungen berechnet werden.

In Anhang C ist eine graphische Darstellung des Werts f_0 abgebildet. Die Ergebnisse der hier angegebenen Gleichungen sind gegenüber Tabelle 1 und Anhang C vorzuziehen. **A1**

6.2 Statische äquivalente axiale Belastung

Die statische äquivalente axiale Belastung für Axialkugellager mit $\alpha \neq 90^\circ$ ergibt sich durch die Gleichung:

$$P_{0a} = 2,3 \times F_r \times \tan \alpha + F_a \quad \text{A1} \quad (10) \quad \text{A1}$$

Diese Gleichung gilt bei zweiseitig wirkenden Lagern für alle Verhältnisse von Radial- zu Axialbelastungen. Für einseitig wirkende Lager gilt sie, wenn $F_r/F_a \leq 0,44 \cot \alpha$ ist und gibt zufriedenstellende, aber weniger sichere Werte von P_{0a} für F_r/F_a bis $0,67 \cot \alpha$.

Axialkugellager mit $\alpha = 90^\circ$ können nur axiale Belastungen aufnehmen. Die statische äquivalente axiale Belastung für diese Lagerart ergibt sich durch die Gleichung:

$$P_{0a} = F_a \quad \text{A1} \quad (11) \quad \text{A1}$$

7 Radialrollenlager

7.1 Statische radiale Tragzahl

7.1.1 Statische radiale Tragzahl für einzelne Lager

Die statische radiale Tragzahl für Radialrollenlager ergibt sich durch die Gleichung:

$$C_{0r} = 44 \times \left(1 - \frac{D_{we} \times \cos \alpha}{D_{pw}} \right) i \times Z \times L_{we} \times D_{we} \times \cos \alpha \quad \text{A1} \quad (12) \quad \text{A1}$$

ANMERKUNG A1 Gleichung (12) A1 basiert auf dem gleichen Elastizitätsmodul, der gleichen Poisson-Zahl und der Lastverteilung auf den einzelnen Wälzkörpern, wie es in der Anmerkung in Tabelle 1 angegeben ist.

7.1.2 Statische radiale Tragzahl für Lagerkombinationen

7.1.2.1 X- und O-Anordnung

Die statische radiale Tragzahl für zwei gleichartige einreihige Radialrollenlager, die nebeneinander auf derselben Welle so angeordnet sind, dass sie als Einheit in X- oder O-Anordnung wirken (Doppel-Anordnung), ist gleich dem Zweifachen der statischen radialen Tragzahl eines einreihigen Lagers.

7.1.2.2 Tandem-Anordnung

Die statische radiale Tragzahl für zwei oder mehr gleichartige einreihige Radialrollenlager, die nebeneinander auf derselben Welle so angeordnet sind, dass sie als Einheit in Tandem-Anordnung wirken (Doppel- oder Mehrfachlager), ergibt sich aus der Anzahl der Lager multipliziert mit der statischen radialen Tragzahl eines einreihigen Lagers. Die Lager müssen so hergestellt und montiert sein, dass eine gleichmäßige Lastverteilung sichergestellt ist.

7.2 Statische äquivalente radiale Belastung

7.2.1 Statische äquivalente radiale Belastung für einzelne Lager

Die statische äquivalente radiale Belastung für Radialrollenlager mit $\alpha \neq 0^\circ$ ist der größere der beiden Werte aus den Gleichungen:

$$P_{0r} = X_0 \times F_r + Y_0 \times F_a \quad \text{A1} \quad (13) \quad \text{A1}$$

$$P_{0r} = F_r \quad \text{A1} \quad (14) \quad \text{A1}$$

Die Werte für die Faktoren X_0 und Y_0 sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 — Werte der Faktoren X_0 und Y_0 für Radialrollenlager mit $\alpha \neq 0^\circ$

Lagerart	X_0	Y_0
einreihig	0,5	0,22 cot α
zweireihig	1	0,44 cot α

Die statische äquivalente radiale Belastung für Radialrollenlager mit $\alpha = 0^\circ$, die nur radialen Belastungen ausgesetzt sind, ergibt sich durch die Gleichung:

$$P_{0r} = F_r \quad \text{A1} \quad (15) \quad \text{A1}$$

Die Fähigkeit von Radialrollenlagern mit $\alpha = 0^\circ$, axiale Belastungen aufzunehmen, schwankt je nach Lagerkonstruktion und -ausführung erheblich. Der Lageranwender sollte deshalb den Lagerhersteller um Empfehlungen im Hinblick auf die Berechnung der äquivalenten Belastung in den Fällen bitten, in denen Lager mit $\alpha = 0^\circ$ Axiallasten ausgesetzt sind.

7.2.2 Statische äquivalente radiale Belastung für Lagerkombinationen

7.2.2.1 X- und O-Anordnung von einreihigen Schrägrollenlagern

Bei der Berechnung der statischen äquivalenten radialen Belastung für zwei gleichartige einreihige Schrägrollenlager, die nebeneinander auf derselben Welle so angeordnet sind, dass sie als Einheit in X- oder O-Anordnung wirken (Doppel-Anordnung), sind die X_0 - und Y_0 -Werte für zweireihige Lager und die F_r - und F_a -Werte für die Gesamtbelastung der Lageranordnung einzusetzen.

7.2.2.2 Tandem-Anordnung

Bei der Berechnung der statischen äquivalenten radialen Belastung für zwei oder mehr gleichartige einreihige Schrägrollenlager, die nebeneinander auf derselben Welle so angeordnet sind, dass sie als Einheit in Tandem-Anordnung wirken (Doppel- oder Mehrfachlager), sind die X_0 - und Y_0 -Werte für einreihige Lager und die F_r - und F_a -Werte für die Gesamtbelastung der Lageranordnung einzusetzen.

8 Axialrollenlager

8.1 Statische axiale Tragzahl

8.1.1 Statische axiale Tragzahl für einseitig und zweiseitig wirkende Lager

Die statische axiale Tragzahl für einseitig und zweiseitig wirkende Axialrollenlager ergibt sich durch die Gleichung:

$$C_{0a} = 220 \times \left(1 - \frac{D_{we} \times \cos \alpha}{D_{pw}} \right) Z \times L_{we} \times D_{we} \times \sin \alpha \quad \text{A1} \quad (16) \quad \text{A1}$$

Dabei ist Z die Anzahl der Rollen, die Kräfte in derselben Richtung aufnehmen.

In Fällen, in denen die Rollen unterschiedliche Längen aufweisen, ist $Z \times L_{we}$ als Summe der in 3.8 definierten Längen aller Rollen aufzufassen, die Kräfte in derselben Richtung aufnehmen.

ANMERKUNG A1 Gleichung (16) A1 basiert auf dem gleichen Elastizitätsmodul, der gleichen Poisson-Zahl und der gleichen Lastverteilung auf den einzelnen Wälzkörpern, wie es in der Anmerkung in Tabelle 1 angegeben ist.

8.1.2 Statische axiale Tragzahl für Lager in Tandem-Anordnung

Die statische axiale Tragzahl für zwei oder mehr gleichartige, einseitig wirkende Axialrollenlager, die nebeneinander auf derselben Welle so angeordnet sind, dass sie als Einheit in Tandem-Anordnung wirken (Doppel- oder Mehrfachlager), ergibt sich aus der Anzahl der Lager multipliziert mit der statischen axialen Tragzahl eines einseitig wirkenden Lagers. Die Lager müssen so hergestellt und montiert sein, dass eine gleichmäßige Lastverteilung sichergestellt ist.